

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

AS

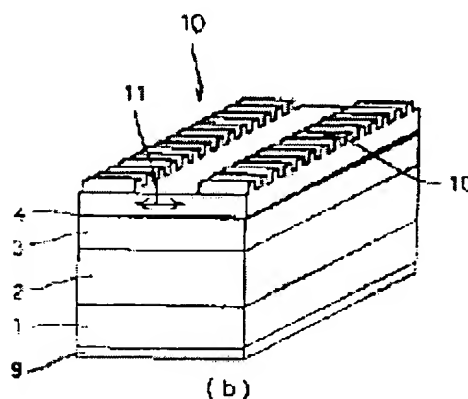
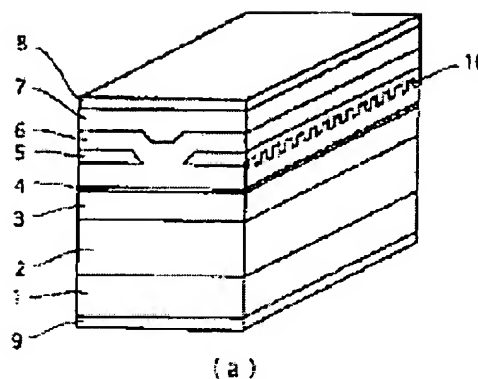
SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

Patent number: JP11168261
Publication date: 1999-06-22
Inventor: NAITO YUMI; OKADA SATORU; FUJIMOTO TAKESHI
Applicant: MITSUI CHEM INC
Classification:
- international: H01S3/18; H01S3/18
- european:
Application number: JP19980275773 19980929
Priority number(s):

Abstract of JP11168261

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device which is low in oscillation threshold value, high in oscillation efficiency and reliability, long in service life, and stable in oscillation wavelength.

SOLUTION: An N-GaAs buffer layer 2, an N-AlGaAs clad layer 3, a non-doped InGaAs active layer 4, a P-Al_xGa_{1-x}As clad layer 6, and a P-GaAs contact layer 7 are successively formed on an N-GaAs substrate 1, wherein an N-AlGaAs current block layer 5 with a stripe-like window is buried in the clad layer 6. A diffraction grating 10 possessed of periodic irregularities is formed on the active layer-side interface of the current block layer 5, and no diffraction grating is present in a stripe-like window 11 or a current injection region.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-168261

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月22日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/18

識別記号

6 4 2

6 6 4

F I

H 0 1 S 3/18

6 4 2

6 6 4

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-275773

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月29日

(31) 優先権主張番号 特願平9-266830

(32) 優先日 平 9 (1997) 9月30日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005887

三井化学株式会社

東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号

(72) 発明者 内藤 由美

千葉県袖ヶ浦市長浦字拓二号580番32 三

井化学株式会社内

(72) 発明者 岡田 知

千葉県袖ヶ浦市長浦字拓二号580番32 三

井化学株式会社内

(72) 発明者 藤本 毅

千葉県袖ヶ浦市長浦字拓二号580番32 三

井化学株式会社内

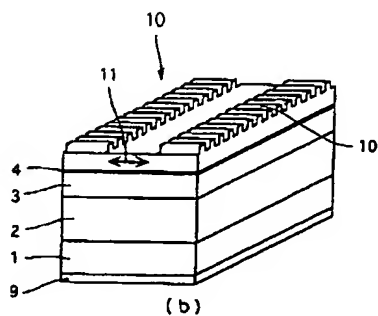
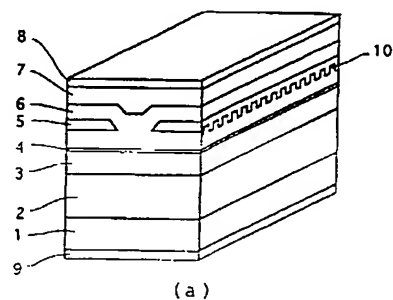
(74) 代理人 弁理士 西教 圭一郎 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 低い発振閾値で高い発振効率、高い信頼性、長寿命を持ち、発振波長が安定化された半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 n -GaAs 基板 1 の上に順次、 n -GaAs バッファ層 2、 n -AlGaAs クラッド層 3、ノンドープ InGaAs 活性層 4、 p - $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層 6、 p -GaAs コンタクト層 7 が形成され、さらにクラッド層 6 の中にストライプ状の窓を有する n -AlGaAs 電流ブロック層 5 が埋め込まれている。電流ブロック層 5 の活性層側界面には、周期的な凹凸形状から成る回折格子 10 が形成され、電流ブロック層 5 が存在しないストライプ状の窓部 11、すなわち電流注入領域には回折格子は存在しない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層の両面側に、該活性層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対のクラッド層がそれぞれ設けられ、

前記クラッド層の少なくとも一方にストライプ状の窓を有する電流ブロック層が埋め込まれた自己整合型の半導体レーザ装置において、

前記電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間であって、ストライプ状の窓を除いた領域に、発振波長を制御するための回折格子が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 活性層の片面側または両面側に、該活性層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する光導波層が設けられ、

活性層および光導波層を挟むように、該光導波層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対のクラッド層がそれぞれ設けられ、

前記クラッド層の少なくとも一方にストライプ状の窓を有する電流ブロック層が埋め込まれた自己整合型の半導体レーザ装置において、

前記電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間であって、ストライプ状の窓を除いた領域に、発振波長を制御するための回折格子が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】 活性層の両面側に、該活性層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対の光導波層がそれぞれ設けられ、

活性層および光導波層を挟むように、該光導波層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対のクラッド層がそれぞれ設けられ、

活性層と光導波層との間に、該活性層および該光導波層の各禁制帯幅以上の禁制帯幅を有するキャリアブロック層が設けられ、

該光導波層の少なくとも一方にストライプ状の窓を有する電流ブロック層が埋め込まれた自己整合型の半導体レーザ装置において、

前記電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間であって、ストライプ状の窓を除いた領域に、発振波長を制御するための回折格子が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 光導波層を形成する半導体材料を、GaAsもしくはAl組成が0.3以下のAlGaAs、またはInGaP、InGaAsPのいずれかとすることを特徴とする請求項2または3記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分布帰還型半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、光記録装置や固体レーザ励起用、光通信用の光源として、半導体レーザが広く使用されている。その中でも分布帰還型(DFB:Distributed Feedback)半導体レーザは、半導体レーザ内の光導波路中に周期的な凹凸を設けることによって回折格子を形成し、回折格子による光の帰還効果を利用して波長安定化を図っている。こうしたDFBレーザは、安定な単一モードで発振するため、温度変化に伴って生じる縦モードホッピング現象が起こらず、通常ファブリペロー型半導体レーザに見られるモードホッピングノイズが発生しないため、特に低い高周波雑音レベルが要求される光源として優れている。また、DFBレーザは、発振波長の温度変化が小さいこと、回折格子の周期を変えることによって発振波長を選択できるなどの優れた特性があり、光通信光源や固体レーザの励起光源といった目的にも好適である。

【0003】図6は従来のDFBレーザの一例を示し、図6(a)は全体斜視図、図6(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。このDFBレーザは、特開昭60-66484号公報に記載されているもので、n型(以下、n-と記す)GaAs基板102の上に順次、n-Al_{0.40}Ga_{0.60}Asクラッド層103、ノンドープAl_{0.10}Ga_{0.90}As活性層104、p型(以下、p-と記す)Al_{0.25}Ga_{0.75}As光ガイド層105、ストライプ状態を有するn-GaAs電流阻止層106、p-Al_{0.40}Ga_{0.60}Asクラッド層107、p-GaAsコンタクト層108が形成され、基板102の下面およびコンタクト層108の上面に電極101、109が形成されている。

【0004】図6(b)に示すように、光ガイド層105の上面でストライプ状態の底になる部分111、および電流阻止層106の上面には、周期的な凹凸からなる回折格子112、113がそれぞれ形成されている。これらの回折格子112、113の上に、ストライプ状態を埋めるようにクラッド層107が形成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】図6に示す従来のDFBレーザでは、電流は電流阻止層106のストライプ状態を通過して活性層104に注入される。そのため光ガイド層105のストライプ状態の底になる部分111、すなわち電流注入領域にも回折格子が作製されている。

【0006】しかしながら、回折格子作製時のエッチング等のプロセスにおいて結晶表面が大気に曝されることなどにより基板表面の酸化が起こり多数の結晶欠陥が生成されてしまうため、図6の構造では活性層104の直上付近に結晶欠陥が集中して、結晶性が劣悪な部分が存在することになる。

【0007】このような半導体レーザでは、動作中に、既存の結晶欠陥が引金となって、結晶欠陥がさらに増加する傾向があり、寿命が極端に短くなる。また、レーザ

共振器中の内部損失が大きくなり、発振閾値の増大や効率の低下などの問題が生ずる。

【0008】本発明の目的は、低い発振閾値で高い発振効率、高い信頼性、長寿命を持ち、発振波長が安定化された半導体レーザ装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、活性層の両面側に、該活性層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対のクラッド層がそれぞれ設けられ、前記クラッド層の一方にストライプ状の窓を有する電流ブロック層が埋め込まれた自己整合型の半導体レーザ装置において、前記電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間であって、ストライプ状の窓を除いた領域に、発振波長を制御するための回折格子が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置である。

【0010】本発明に従えば、半導体レーザに電圧を印加するとキャリアが注入され、クラッド層を通過する際に電流ブロック層によって阻止される。そのため、キャ

$$\Lambda = m \cdot \lambda_0 / (2 \cdot n_r)$$

但し、 m は1以上の整数(1、2、3、…)、 n_r は光導波路の屈折率、 λ_0 は発振波長である。この回折条件を満たすことによって、波長 λ_0 の光のみが選択されて単一モード発振が得られる。

【0014】さらに、本発明では回折格子をストライプ状の窓を除いた領域のみに形成しており、電流が通過する電流注入領域には回折格子が存在しないため、この領域に結晶欠陥が発生していない。そのため、発振閾値の増加、発振効率の低下といった問題が生じる可能性は極めて少なくなる。また結晶欠陥の増殖による信頼性の低下も抑制できる。

【0015】また本発明は、活性層の片面側または両面側に、該活性層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する光導波層が設けられ、活性層および光導波層を挟むように、該光導波層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対のクラッド層がそれぞれ設けられ、前記クラッド層の少なくとも一方にストライプ状の窓を有する電流ブロック層が埋め込まれた自己整合型の半導体レーザ装置において、前記電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間であって、ストライプ状の窓を除いた領域に、発振波長を制御するための回折格子が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置である。

【0016】本発明に従えば、活性層の片面側または両面側に光導波層を設けることによって、活性層で発生した光が光導波層によって案内されるため、活性層での光集中を回避でき、レーザの高出力化、長寿命化が図られる。

【0017】さらに、本発明では回折格子をストライプ状の窓を除いた領域のみに形成しており、電流が通過する電流注入領域には回折格子が存在しないため、この領域に結晶欠陥が発生していない。そのため、発振閾値の

リアは、電流ブロック層の存在しない部分、すなわちストライプ状の溝の部分のみを通過する。活性層に注入されたキャリアは再結合して光を輻射し、注入電流レベルを増加させていくと誘導放出が始まり、やがてレーザ発振に至る。レーザ光の一部は電流ブロック層の下部まで浸み出して、導波される。

【0011】電流ブロック層の下部には発振波長を安定化するための回折格子を形成している。回折格子として、a)電流ブロック層の界面(下側界面および上側界面の一方または両方)に周期的凹凸を形成したものや、b)この活性層側界面と活性層との間にグレーティング層を形成したもの、等が可能である。

【0012】ここで、電流ブロック層の下部に形成された周期的凹凸の周期 Λ 、あるいはグレーティング層の幅が変化する周期 Λ が、次式(1)を満足するように設定する。

【0013】

$$\dots (1)$$

増加、発振効率の低下といった問題が生じる可能性は極めて少なくなる。また結晶欠陥の増殖による信頼性の低下も抑制できる。

【0018】また本発明は、活性層の両面側に、該活性層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対の光導波層がそれぞれ設けられ、活性層および光導波層を挟むように、該光導波層の禁制帯幅以上の禁制帯幅を有する一対のクラッド層がそれぞれ設けられ、活性層と光導波層との間に、該活性層および該光導波層の各禁制帯幅以上の禁制帯幅を有するキャリアブロック層が設けられ、該光導波層の少なくとも一方にストライプ状の窓を有する電流ブロック層が埋め込まれた自己整合型の半導体レーザ装置において、前記電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間であって、ストライプ状の窓を除いた領域に、発振波長を制御するための回折格子が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置である。

【0019】本発明に従えば、半導体レーザに電圧を印加するとキャリア(電子やホール)が注入され、光導波層を通過する際に電流ブロック層によって阻止される。そのため、キャリアは、電流ブロック層の存在しない部分、すなわちストライプ状の溝の部分のみを通過する。活性層に注入されたキャリアは再結合して光を輻射し、注入電流レベルを増加させていくと誘導放出が始まり、やがてレーザ発振に至る。レーザ光の一部は電流ブロック層の下部まで浸み出して、導波される。一方、活性層内のキャリアは、キャリアブロック層の存在によって活性層内に閉じ込められるため、再結合効率が向上する。

【0020】電流ブロック層の下部には発振波長を安定化するための回折格子を形成している。回折格子として、a)電流ブロック層の界面(下側界面および上側界面の一方または両方)に周期的凹凸を形成したものや、

b) この活性層側界面と活性層との間にグレーティング層を形成したもの、等が可能である。ここで、周期的凹凸の周期 Λ あるいはグレーティング層の幅が変化する周期 Λ が、上記式(1)を満足するように設定することによって、単一モード発振が得られる。

【0021】さらに、本発明では回折格子をストライプ状の窓を除いた領域のみに形成しており、電流が通過する電流注入領域には回折格子が存在しないため、この領域に結晶欠陥が発生していない。そのため、発振閾値の増加、発振効率の低下といった問題が生じる可能性は極めて少なくなる。また結晶欠陥の増殖による信頼性の低下も抑制できる。

【0022】このように活性層と光導波層との間にキャリアブロック層を設けることによって、活性層へのキャリア閉じ込めとは独立して、素子内の導波機構の設計を自由に行うことができるため、広い光導波層の採用によって導波モードを理想的なガウス型に近づけることが可能になる。これによって回折格子の屈折率や厚さを広い範囲で選択できるため、設計自由度が増し、しかも製造マージンが広くなり、半導体レーザの製造歩留まりが向上する。これに対して、活性層と光導波層との間にキャリアブロック層を設けない構造である場合、導波モードは急峻なピークを持つ富士山型となる。一方、活性層と光導波層との間にキャリアブロック層を設けた場合、導波モードは富士山型と比べて肩が張り出した形状を持つガウス型となり、電場強度が大きい部分では電場強度の変化がより緩やかになる。したがって、ガウス型の導波モードを持つ半導体レーザにおいて、波長を制御するための回折格子を活性層から離れた位置に形成した場合であっても、回折格子が充分機能するとともに、電場強度変化が緩やかであることに起因して、活性層と回折格子との間の距離や屈折率分布が製造プロセスで多少変動しても、その影響が小さくて済み、素子の製造歩留まりを向上させることができる。

【0023】また本発明は、光導波層を形成する半導体材料を、GaAsもしくはAl組成が0.3以下のAlGaAs、またはInGaP、InGaAsPのいずれかとする特徴とする。

【0024】本発明によれば、発振波長を安定化する回折格子を形成するためのプロセスにおいて、大気に曝される光導波層を酸化劣化の小さい材料、すなわちAl組成の低い材料あるいはAlを含まない材料で形成している。したがって、回折格子を形成する領域やストライプ部で大気に曝される面の酸化が抑えられて、再成長する各層の結晶性が向上し、信頼性の高い半導体レーザが得られる。ここで、InGaPとInGaAsPのそれぞれの元素の組成比は基板と格子整合がとれるものであればよい。

【0025】

【発明の実施の形態】以下の実施形態ではいずれも回折

格子は、周知の方法である干渉露光法によりグレーティングを作り込んだレジストをマスクとして、回折格子を形成する層をエッチングすることにより作製した。すなわち回折格子を形成する層を成長させたところで、レジストを塗布し、レーザ光の干渉露光によりレジストをグレーティング状に露光した後現像し、そのレジストをマスクにして下の層を所定の深さエッチングして、マスクのレジストを除去した後、上の層を引き続いて成長させた。この工程で回折格子を形成する層は大気に曝されることになる。

【0026】(第1実施形態)図1は本発明の第1実施形態を示し、図1(a)は全体斜視図、図1(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。この半導体レーザ装置は、DFBレーザとして構成され、n-GaAsから成る基板1の上に順次、n-GaAs(厚さ $t=0.5\mu\text{m}$)から成るバッファ層2、n-AlGaAs(Al組成比 $x=0.4$ 、 $t=1.5\mu\text{m}$)から成るクラッド層3、ノンドープGaAs井戸層($t=0.008\mu\text{m}$)／ノンドープAlGaAsバリア層($x=0.2$ 、 $t=0.005\mu\text{m}$)から成る二重量子井戸活性層4、p-AlGaAs($x=0.4$ 、 $t=1.6\mu\text{m}$)から成るクラッド層6、p-GaAs($t=1.0\mu\text{m}$)から成るコンタクト層7がMOCVD(有機金属化学気相成長法)等を用いて形成され、さらにクラッド層6の中にストライプ状の窓を有するn-AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.1\mu\text{m}$)から成る電流ブロック層5が埋め込まれている。基板1の下面およびコンタクト層7の上面には、電極9、8がそれぞれ形成されている。

【0027】AlGaAs系材料は、Al組成が増加するにつれて禁制帯幅も増加する傾向がある。本実施形態では、活性層4の禁制帯幅よりもクラッド層の禁制帯幅の方が大きくなる。

【0028】図1(b)に示すように、電流ブロック層5の活性層側界面には、周期的な凹凸形状から成る回折格子10が形成されており、電流ブロック層5が存在しないストライプ状の窓部11、すなわち電流注入領域には回折格子は存在しない。回折格子10の上には電流ブロック層5が形成され、さらに窓部11を埋めるようにクラッド層6が形成される。

【0029】この動作を説明する。コンタクト層7から電極8に正、基板1の電極9に負のバイアス電圧を印加すると、コンタクト層7から基板1に向かって電流が流れ、電流ブロック層5が存在しない領域、すなわちストライプ状の窓部11のみを通過することによって、電流密度が増加する。

【0030】電流はキャリアとして活性層4に注入され、キャリア再結合によって光を輻射する。さらに、注入電流量を増加させていくと誘導放射が始まり、やがてレーザ発振に至る。レーザ光は、活性層4の両側にある

クラッド層3、6に浸み出し、電流ブロック層5の下部にも浸み出して、導波される。

【0031】ここで、回折格子10の周期 Λ が式(1)を満足するように設定することによって、波長 λ_0 のみが選択的に発振し、その結果、単一モード発振が得られる。このとき、電流注入領域である窓部11において、結晶性の劣化がないため、低発振閾値、高効率で、しかも寿命の長いDFB半導体レーザを実現できる。

【0032】(第2実施形態)図2は、本発明の第2実施形態を示す斜視図である。この半導体レーザ装置は、DFBレーザとして構成され、 n -GaAsから成る基板21の上に順次、 n -GaAs(厚さ $t=0.5\mu\text{m}$)から成るバッファ層22、 n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.45$ 、 $t=1.5\mu\text{m}$)から成るクラッド層23、ノンドープAlGaAs井戸層($x=0.1$ 、 $t=0.006\mu\text{m}$)／AlGaAsバリア層($x=0.3$ 、 $t=0.005\mu\text{m}$)から成る二重量子井戸活性層24、 p -AlGaAs($x=0.3$ 、 $t=0.15\mu\text{m}$)から成る第1クラッド層25、 p -AlGaAs($x=0.55$ 、 $t=1.0\mu\text{m}$)から成る第2クラッド層27、 p -GaAsから成るコンタクト層28がMOCVD(有機金属化学気相成長法)等を用いて形成され、さらに第1クラッド層25と第2クラッド層27との間には、ストライプ状の窓を有する n -AlGaAs($x=0.58$ 、 $t=0.1\mu\text{m}$)から成る電流ブロック層26が埋め込まれている。基板21の下面およびコンタクト層28の上面には、電極30、29がそれぞれ形成されている。

【0033】ここで、第1クラッド層25は、活性層24で発生した光を案内する光導波層として機能する。また、AlGaAs系材料はAl組成が増加するにつれて禁制帯幅も増加する傾向がある。本実施形態では、活性層24の禁制帯幅よりも第1クラッド層25の禁制帯幅の方が大きく、さらに第1クラッド層25よりも下側のクラッド層23および上側の第2クラッド層27の禁制帯幅の方が大きくなる。

【0034】電流ブロック層26の活性層側界面には、周期的な凹凸形状から成る回折格子31が形成されており、電流ブロック層26が存在しないストライプ状の窓部11、すなわち電流注入領域には回折格子は存在しない。

【0035】次に動作を説明する。コンタクト層28の電極29に正、基板21の電極30に負のバイアス電圧を印加すると、コンタクト層28から基板21に向かって電流が流れ、電流ブロック層26が存在しない領域、すなわちストライプ状の窓部11のみを通過することによって、電流密度が増加する。

【0036】電流はキャリアとして活性層24に注入され、キャリア再結合によって光を輻射する。さらに、注入電流量を増加させていくと誘導放射が始まり、やがて

レーザ発振に至る。レーザ光は、活性層24の両側にあるクラッド層23や第1クラッド層25に浸み出し、電流ブロック層26の下部にも浸み出して、導波される。

【0037】ここで、回折格子31の周期 Λ が式(1)を満足するように設定することによって、波長 λ_0 のみが選択的に発振し、その結果、単一モード発振が得られる。このとき、電流注入領域である窓部11において、結晶性の劣化がないため、低発振閾値、高効率で、しかも寿命の長いDFB半導体レーザを実現できる。

【0038】(第3実施形態)図3は、本発明の第3実施形態を示す斜視図である。この半導体レーザ装置は、DFBレーザとして構成され、 n -GaAsから成る基板41の上に順次、 n -GaAs(厚さ $t=0.5\mu\text{m}$)から成るバッファ層42、 n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=1.1\mu\text{m}$)から成るクラッド層43、 n -AlGaAs($x=0.2$ 、 $t=0.88\mu\text{m}$)から成る光導波層44、 n -AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.02\mu\text{m}$)から成るキャリアブロック層45、ノンドープInGaAs井戸層(In組成比 $y=0.2$ 、 $t=0.008\mu\text{m}$)／ノンドープAlGaAsバリア層(Al組成比 $x=0.2$ 、 $t=0.006\mu\text{m}$)から成る二重量子井戸活性層46、 p -AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.02\mu\text{m}$)から成るキャリアブロック層47、 p -AlGaAs($x=0.2$ 、 $t=0.88\mu\text{m}$)から成る光導波層48、 p -AlGaAs(Al組成 $=0.24$ 、 $t=1.1\mu\text{m}$)から成るクラッド層50、 p -GaAsから成るコンタクト層51がMOCVD(有機金属化学気相成長法)等を用いて形成され、さらに光導波層48の中にストライプ状の窓を有する n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.33$ 、 $t=0.1\mu\text{m}$)から成る電流ブロック層49が埋め込まれている。基板41の下面およびコンタクト層51の上面には、電極53、52がそれぞれ形成されている。

【0039】AlGaAs系材料はInGaAs系材料よりも禁制帯幅が大きく、またAl組成が増加するにつれて禁制帯幅も増加する傾向がある。本実施形態では、活性層46の禁制帯幅よりも光導波層44、48の禁制帯幅の方が大きく、さらに光導波層44、48よりもクラッド層43、50の禁制帯幅の方が大きく、また光導波層44、48よりもキャリアブロック層45、47の禁制帯幅の方が大きくなる。

【0040】電流ブロック層49の活性層側界面には、周期的な凹凸形状から成る回折格子61が形成されており、電流ブロック層49が存在しないストライプ状の窓部11、すなわち電流注入領域には回折格子は存在しない。

【0041】次に動作を説明する。コンタクト層51の電極52に正、基板41の電極53に負のバイアス電圧を印加すると、コンタクト層51から基板41に向かっ

て電流が流れ、電流ブロック層49が存在しない領域、すなわちストライプ状の窓部11のみを通過することによって、電流密度が増加する。

【0042】電流はキャリアとして活性層46に注入され、キャリア再結合によって光を輻射する。さらに、注入電流量を増加させていくと誘導放射が始まり、やがてレーザ発振に至る。レーザ光は、活性層46の両側にある光導波層44、48に浸み出し、電流ブロック層49の下部にも浸み出して、導波される。一方、活性層46内のキャリアは、キャリアブロック層45、47の存在によって活性層内に閉じ込められるため、再結合効率が向上する。

【0043】ここで、回折格子61の周期 Λ が式(1)を満足するように設定することによって、波長 λ_0 のみが選択的に発振し、その結果、単一モード発振が得られる。このとき、電流注入領域である窓部11において、結晶性の劣化がないため、低発振閾値、高効率で、しかも寿命の長いDFB半導体レーザを実現できる。

【0044】なお、本実施形態では電流ブロック層49の活性層側界面に回折格子61を形成する場合を説明したが、電流ブロック層49のコンタクト層側界面に同様な回折格子を形成してもよい。

【0045】(第4実施形態)図4は本発明の第4実施形態を示し、図4(a)は全体斜視図、図4(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。この半導体レーザ装置は、DFBレーザとして構成され、 n -GaAsから成る基板71の上に順次、 n -GaAs(厚さ $t=0.5\mu\text{m}$)から成るバッファ層72、 n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=1.1\mu\text{m}$)から成るクラッド層73、 n -AlGaAs($x=0.2$ 、 $t=0.83\mu\text{m}$)から成る光導波層74、 n -AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.02\mu\text{m}$)から成るキャリアブロック層75、ノンドープInGaAs井戸層(In組成比 $y=0.2$ 、 $t=0.008\mu\text{m}$)ノンドープAlGaAsバリア層(Al組成比 $x=0.2$ 、 $t=0.006\mu\text{m}$)から成る二重量子井戸活性層76、 p -AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.02\mu\text{m}$)から成るキャリアブロック層77、 p -AlGaAs($x=0.2$ 、 $t=0.83\mu\text{m}$)から成る光導波層78、 p -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=1.1\mu\text{m}$)から成るクラッド層79、 p -GaAsから成るコンタクト層81がMOCVD(有機金属化学気相成長法)等を用いて形成され、さらに光導波層78の中にストライプ状の窓を有する n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=0.1\mu\text{m}$)から成る電流ブロック層79が埋め込まれている。基板71の下面およびコンタクト層81の上面には、電極83、82がそれぞれ形成されている。

【0046】AlGaAs系材料はInGaAs系材料よりも禁制帯幅が大きく、またAl組成が増加するにつ

れて禁制帯幅も増加する傾向がある。本実施形態では、活性層76の禁制帯幅よりも光導波層74、78の禁制帯幅の方が大きく、さらに光導波層74、78よりもクラッド層73、80の各禁制帯幅の方が大きく、また光導波層74、78よりもキャリアブロック層75、77の各禁制帯幅の方が大きくなる。

【0047】また本実施形態は、図3に示した波長制御用の回折格子61の代わりに同等な機能を持つグレーティング層91を設けている。

【0048】グレーティング層91は、光導波層78の中に p -GaAs(厚さ $t=0.05\mu\text{m}$)を周期的パターンとなるように作製させたものであり、電流ブロック層79の活性層側界面と活性層76の間に位置し、窓部11では均一な厚さに形成され、窓部11の両側では周期的な凹凸形状に形成され、周期 Λ の回折格子の機能を果たす。この周期 Λ が式(1)を満足するように設定することによって、波長 λ_0 のみが選択的に発振し、その結果、単一モード発振が得られる。このとき、電流注入領域である窓部11は、グレーティング層91によって保護されるので、結晶性の劣化がなくなり、低発振閾値、高効率で、しかも寿命の長いDFB半導体レーザを実現できる。

【0049】(第5実施形態)図5は本発明の第5実施形態を示し、図5(a)は全体斜視図、図5(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。この半導体レーザ装置は、DFBレーザとして構成され、 n -GaAsから成る基板71の上に順次、 n -GaAs(厚さ $t=0.5\mu\text{m}$)から成るバッファ層72、 n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=1.1\mu\text{m}$)から成るクラッド層73、 n -AlGaAs($x=0.2$ 、 $t=0.83\mu\text{m}$)から成る光導波層74、 n -AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.02\mu\text{m}$)から成るキャリアブロック層75、ノンドープInGaAs井戸層(In組成比 $y=0.2$ 、 $t=0.008\mu\text{m}$)ノンドープAlGaAsバリア層(Al組成比 $x=0.2$ 、 $t=0.006\mu\text{m}$)から成る二重量子井戸活性層76、 p -AlGaAs($x=0.5$ 、 $t=0.02\mu\text{m}$)から成るキャリアブロック層77、 p -AlGaAs($x=0.2$ 、 $t=0.83\mu\text{m}$)から成る光導波層78、 p -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=1.1\mu\text{m}$)から成るクラッド層80、 p -GaAsから成るコンタクト層81がMOCVD(有機金属化学気相成長法)等を用いて形成され、さらに光導波層78の中にストライプ状の窓を有する n -AlGaAs(Al組成比 $x=0.24$ 、 $t=0.1\mu\text{m}$)から成る電流ブロック層79が埋め込まれている。基板71の下面およびコンタクト層81の上面には、電極53、52がそれぞれ形成されている。

【0050】AlGaAs系材料はInGaAs系材料よりも禁制帯幅が大きく、またAl組成が増加するにつ

れて禁制帯幅も増加する傾向がある。本実施形態では、活性層76の禁制帯幅よりも光導波層74、78の禁制帯幅の方が大きく、さらに光導波層74、78よりもクラッド層73、80の各禁制帯幅の方が大きく、また光導波層74、78よりもキャリアブロック層75、77の各禁制帯幅の方が大きくなる。

【0051】また本実施形態は、図3に示した波長制御用の回折格子61の代わりに同等な機能を持つグレーティング層91を設けている。

【0052】グレーティング層91は、光導波層78の中にp-GaAs（厚さ $t=0.05\mu\text{m}$ ）を周期的パターンとなるように作製させたものであり、電流ブロック層79の活性層側界面と活性層76の間に位置し、窓部11の両側で周期的な凹凸形状に形成され、周期 Λ の回折格子の機能を果たす。窓部11ではグレーティング層91は形成されていない。窓部の両側にグレーティング層を形成する方法としては、グレーティング層の選択成長を利用する方法や、または窓部も含めて成長させたグレーティング層を窓部だけエッチングして除去する方法などがある。

【0053】この周期 Λ が式(1)を満足するように設定することによって、波長 λ_0 のみが選択的に発振し、その結果、単一モード発振が得られる。このとき、電流注入領域である窓部11は、グレーティング層91が無く、ストライプ状の窓部11に屈折率の異なる層が存在しなくなるので、発振するレーザ光のモードを乱さないという利点が生まれる。

【0054】以上の実施形態では導波層はAlGaAsとしたが、これらの構造では導波層はInGaP、InGaAsPまたはAlGaAs（Al組成 x が $0\leq x\leq 0.3$ ）のようにAlが少ないかAlを含まない組成が好ましい。導波層をこのような組成にすることにより回折格子を形成する際の酸化によるダメージを抑制する効果がさらに高くなり、より高い信頼性を得ることができる。

【0055】

【発明の効果】以上詳説したように本発明によれば、電流ブロック層の界面または該界面と活性層との間に、発振波長を制御するための回折格子を形成することによ

て、周期的構造に基づく波長選択性が付与され、回折条件を満たす波長のみが選択的に発振するようになり、安定した単一モード発振が得られる。

【0056】さらに、こうした回折格子を電流注入領域には形成していないため、この領域における結晶欠陥が格段に少なくなり、その結果、低い発振閾値で高い発振効率、高い信頼性、長寿命を持つ半導体レーザ装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示し、図1(a)は全体斜視図、図1(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。

【図2】本発明の第2実施形態を示す斜視図である。

【図3】本発明の第3実施形態を示す斜視図である。

【図4】本発明の第4実施形態を示し、図4(a)は全体斜視図、図4(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。

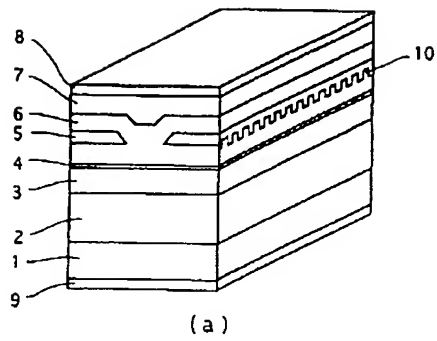
【図5】本発明の第5実施形態を示し、図5(a)は全体斜視図、図5(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。

【図6】従来のDFBレーザの一例を示し、図6(a)は全体斜視図、図6(b)は回折格子の形状を示す部分斜視図である。

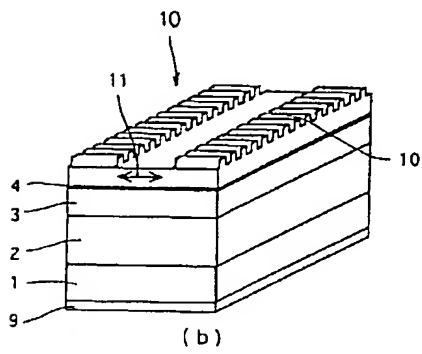
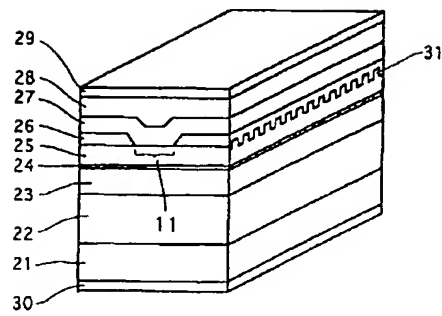
【符号の説明】

- 1、21、41、71 基板
- 2、22、42、72 バッファ層
- 3、6、23、43、50、73、80 クラッド層
- 4、24、46、76 活性層
- 5、26、49、79 電流ブロック層
- 7、28、51、81 コンタクト層
- 8、9、29、30、52、53、82、83 電極
- 10、31、61 回折格子
- 11 窓部
- 25 第1クラッド層
- 27 第2クラッド層
- 44、48、74、78 光導波層
- 45、47、75、77 キャリアブロック層
- 91 グレーティング層

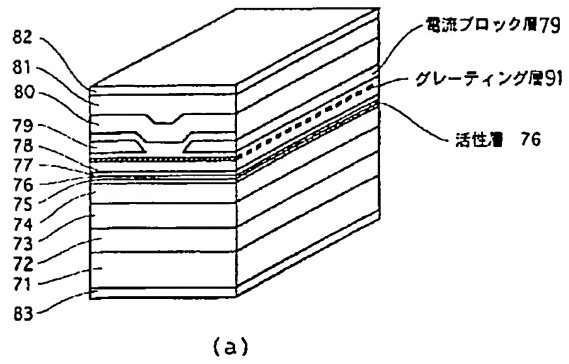
【図1】



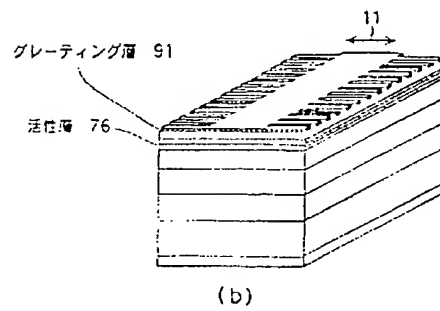
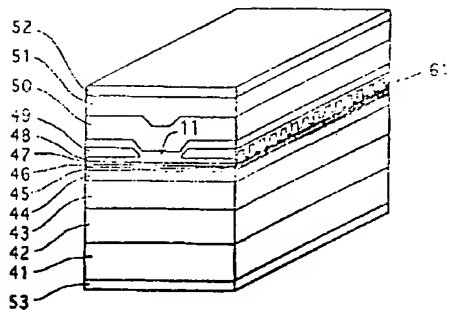
【図2】



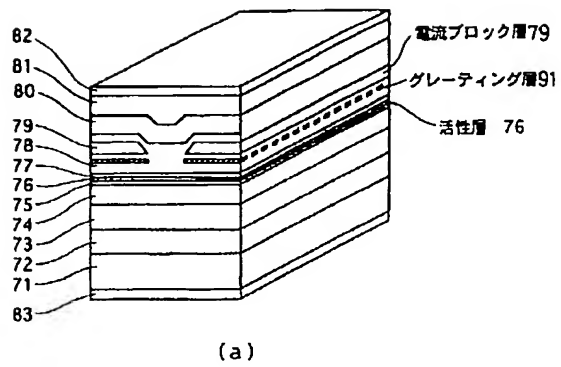
【図4】



【図3】



【図5】



【図6】

